



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 **Offenlegungsschrift**  
10 **DE 197 50 662 A 1**

21 Aktenzeichen: 197 50 662.3  
22 Anmeldetag: 15. 11. 97  
43 Offenlegungstag: 27. 5. 99

51 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**G 06 F 19/00**  
G 06 F 15/16  
G 05 B 15/02  
G 06 F 9/30  
B 60 R 16/02

DE 197 50 662 A 1

71 Anmelder:

Daimler-Benz Aktiengesellschaft, 70567 Stuttgart,  
DE; International Business Machines Corp.,  
Armonk, N.Y., US

74 Vertreter:

Rach, W., Dr., Pat.-Ass., 70569 Stuttgart

72 Erfinder:

Lanchès, Philip, Dr., 73728 Esslingen, DE;  
Eisenmann, Joachim, 73079 Süssen, DE; Gleissner,  
Stefan, 71404 Korb, DE; Mrossko, Markus, 73084  
Salach, DE; Aminger, Hans-Jürgen, 73061  
Ebersbach, DE; Eibach, Wolfgang, 71088  
Holzgerlingen, DE; Geotze, Volkmar, 71120  
Grafenau, DE; Grützner, Matthias, 71101 Schönaich,  
DE; Hagspiel, Norbert, 72070 Tübingen, DE; Köhn,  
Matthias, 72555 Metzingen, DE; Neumann, Martin,  
71063 Sindelfingen, DE; Rieke, Reiner, 75382  
Althengstett, DE; Staiger, Dieter, 71093 Weil im  
Schönbuch, DE

56 Entgegenhaltungen:

US 55 74 848  
PERIER, Laurent, (u.a.): Kommunikation im  
Automobil, In: Elektronik 4/1997, S. 48-55;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Prozessoreinheit für ein datenverarbeitungsgestütztes elektronisches Steuerungssystem in einem Kraftfahrzeug

57 Die Erfindung bezieht sich auf eine Prozessoreinheit für ein datenverarbeitungsgestütztes elektronisches Steuerungssystem in einem Kraftfahrzeug. Erfindungsgemäß beinhaltet die Prozessoreinheit in ihrer funktionalen Struktur eine skalierbare Recheneinheit und eine Fahrzeug-Schnittstelleneinheit sowie vorzugsweise auch einen Kommunikations-Coprozessor als separate Strukturkomponenten. Verwendung z. B. in Automobilen.

DE 197 50 662 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf eine Prozessoreinheit für ein datenverarbeitungsgestütztes elektronisches Steuerungssystem in einem Kraftfahrzeug. Der Begriff Steuerungssystem ist hierbei in seinem weiteren, auch Regelungsfunktionen umfassenden Sinne zu verstehen.

Die steigende Anzahl elektronisch realisierter Kraftfahrzeug-Steuerungsfunktionen und deren zunehmende Kopplung untereinander führen zu einer deutlich wachsenden Komplexität und zu entsprechenden Schwierigkeiten bei der Entwicklung und Beherrschung der gesamten Fahrzeugelektronik. Die wachsende Komplexität solcher Steuerungssysteme ist beispielsweise bedingt durch die Zunahme an Systemfunktionen mit übergeordnetem Charakter, wie Bordnetzmanagement, Systemdiagnose, Fahrzeugdaten-speicher und dergleichen, sowie einem wachsenden Bedarf an weiteren Schnittstellen für übergeordnete Fahrzeugfunktionalitäten, z. B. für Chipkarten, in Zusammenhang mit neueren Anforderungen, die auf der zunehmenden Telematikfunktionalität und dem Wunsch nach Personalisierung sowie Bandende-Programmierung des Fahrzeugs herrühren. Dieser Trend hat gleichzeitig einen schnellen Anstieg des Bedarfs an Rechenleistung bei den im Steuerungssystem verwendeten Prozessoreinheiten sowie im erforderlichen Speicherumfang zur Folge. Zudem besteht der Wunsch, in Kraftfahrzeugen, wie z. B. Personenkraftwagen, vermehrt Funktionalitäten bezüglich Mobilität, Kommunikation, Information, Sicherheit und Unterhaltung bereit zustellen. Hinzu kommt die Tendenz zu immer mehr parallel zu entwickelnden Baureihen und zur Verkürzung der Entwicklungszeiten sowie die Forderung nach flexibler Reaktion auf externe Marktanforderungen. Es ist daher wünschenswert, die elektronische Infrastruktur von Kraftfahrzeugen zukünftig auf eine flexible, standardisierte und offene Basis zu stellen, mit der solchen Entwicklungen in vertretbarem Aufwand Rechnung getragen werden kann.

Traditionell haben sich datenverarbeitungsgestützte elektronische Steuerungssysteme in Kraftfahrzeugen so entwickelt, daß jeder elektronisch zu realisierenden Funktion ein eigenes Steuergerät zugeordnet wurde, wie z. B. eines zur Motorsteuerung, eines für ein Anti-Blockier-System, eines für eine Türschließeinlage und/oder eine elektronische Weg-fahrsperrung etc. Diese einzelnen Steuergeräte werden zu einem Steuergeräteverbund vernetzt, z. B. mittels eines CAN-Datenbusses, wobei es in einem solchen herkömmlichen Steuergeräteverbund kaum oder nur schwache Wechselwirkungen zwischen den von den einzelnen Steuergeräten ausgeübten Funktionen gibt. Dieser herkömmliche Systemauslegung stellt folglich physikalische Steuergeräte und nicht logische Funktionen in den Mittelpunkt. Bei dieser typischen herkömmlichen Steuergeräte-Netzstruktur sind übergeordnete Funktionen und die Anwendungslogik in nahezu jedem Steuergerät vorhanden. Außerdem macht es diese herkömmliche Netzstruktur aus gleichrangigen Steuergeräten bzw. aus diese repräsentierenden Prozessoreinheiten oftmals erforderlich, daß viele solche Steuergeräte mehrfache Busanbindungen zu unterschiedlichen vorhandenen Netzwerken im Fahrzeug besitzen. Dies bedeutet im Hinblick auf eine leichte Umsetzbarkeit von Nachrichten von einer Systemschnittstelle auf eine andere eine große Einschränkung der Flexibilität und bedingt sowohl hohe Buslasten als auch Laufzeitverzögerungen.

Aus den Offenlegungsschriften DE 196 16 346 A1 und DE 196 16 753 A1 sind datenverarbeitungsgestützte elektronische Steuerungssysteme mit einem Steuergeräteverbund aus mehreren, über ein Datenbusnetzwerk verbundenen Steuergeräten offenbart, die in Kraftfahrzeugen ver-

wendbar sind. Diese Systeme beinhalten ein zentrales Steuergerät in Form einer Prozessoreinheit mit einem sogenannten Power-PC-Microcontroller. Solche Mitglieder der sogenannten Power-PC-Prozessorfamilie sind aufgrund ihrer RISC-Architektur besonders für die Bearbeitung von Steuerungsaufgaben mit hoher Geschwindigkeit geeignet. Beim System der DE 196 16 346 A1 sind spezielle Maßnahmen getroffen, um für einen Video-Controller nur eine geringe Anzahl von elektrischen Anschlüssen und nur ein Datenbus-system zu benötigen. Beim System der DE 196 16 753 A1 ist speziell der Einsatz einer hierarchischen Prozessorarchitektur mit mindestens zwei, jeweils für bestimmte Steuerungsaufgaben optimierten Prozessorebenen in einer Prozessoreinheit zur Datenbussteuerung vorgesehen.

Der Erfindung liegt als technisches Problem die Bereitstellung einer Prozessoreinheit der eingangs genannten Art zugrunde, die als ein übergeordnetes Steuergerät für ein in Echtzeit arbeitendes, datenverarbeitungsgestütztes elektronisches Steuerungssystem in einem Kraftfahrzeug einsetzbar und möglichst flexibel, standardisiert und offen ausgelegt ist, um Änderungen und/oder Ergänzungen, insbesondere hinsichtlich jeweils passender Rechenleistung und variierender Konfiguration der Fahrzeugelektronik je nach Ausbaustufe, Baureihe etc., mit vergleichsweise geringem Aufwand realisieren zu können.

Die Erfindung löst dieses Problem durch die Bereitstellung einer Prozessoreinheit mit den Merkmalen des Anspruchs 1. Diese Prozessoreinheit beinhaltet in ihrer funktionalen Struktur eine skalierbare Recheneinheit und eine Fahrzeug-Schnittstelleneinheit als separate Strukturkomponenten. Die Skalierbarkeit der Recheneinheit gewährleistet eine einfache Anpaßbarkeit an unterschiedliche, insbesondere im Lauf der Zeit zunehmende Rechenleistungsanforderungen. Die Separierung von skalierbarer Recheneinheit einerseits und Fahrzeug-Schnittstelleneinheit andererseits in der logischen Entwurfsauslegung der Prozessoreinheit unterstützt diese Skalierbarkeit und erleichtert die Adaption an unterschiedliche Fahrzeugelektronikkonfigurationen durch Auslagerung der herkömmlich in der funktionalen Struktur nicht von der Recheneinheit getrennten Schnittstellenfunktionalitäten und Zusammenfassung derselben in der von der Recheneinheit funktional getrennten Fahrzeug-Schnittstelleneinheit. Unter Fahrzeug-Schnittstelleneinheit wird dabei eine mit der Recheneinheit kommunizierende Schnittstelleneinheit verstanden, welche die in Kraftfahrzeugen herkömmlicherweise vorzusehenden Schnittstellenfunktionalitäten enthält. Die so ausgelegte Prozessoreinheit läßt sich in einer offenen und skalierbaren Familie unterschiedlicher Varianten mit abgestufter Leistungsfähigkeit bereitstellen und eignet sich insbesondere zum Einsatz als ein übergeordnetes Steuergerät innerhalb eines in Echtzeit arbeitenden, datenverarbeitungsgestützten elektronischen Steuerungssystems eines Kraftfahrzeuges.

Bei einem solchen System, in welchem die elektronische Datenverarbeitungsfunktionalität in das übergeordnete System der Fahrzeugelektronik dieses stützend als sogenanntes Embedded-System eingebettet ist, das für den Anwender nicht direkt in Erscheinung tritt, liegen üblicherweise nur beschränkte Rechenleistungsressourcen und eine statische Software-Konfiguration vor. Durch den Einsatz der erfindungsgemäßen Prozessoreinheit in einem derartigen System können daten- bzw. rechenintensive Teile von Steuerungsfunktionen sowie die Koordination dezentraler Regelungsfunktionen und übergeordneter Funktionen von dieser Prozessoreinheit übernommen werden, so daß sich andere Steuergeräte von solchen Funktionen entlasten und daher einfacher auslegen lassen. Die solchermaßen zur Durchführung übergeordneter Aufgaben innerhalb des fahrzeugelektroni-

schen Netzwerkes verwendbare Prozessoreinheit kann hierzu insbesondere auf einer skalierbaren Rechnerarchitektur in Form einer Power-PC-Architektur basieren und ist ohne Anschluß jeglicher Peripherie in beliebigen Fahrzeugbaureihen einsetzbar.

Eine nach Anspruch 2 weitergebildete Prozessoreinheit beinhaltet als dritte separate Strukturkomponente in ihrer funktionalen Struktur einen Kommunikations-Coprozessor zur Ausführung von Datenkommunikationsvorgängen zwischen der skalierbaren Recheneinheit und zugehöriger Peripherie, d. h. physikalischen Schichten der Entwurfsstruktur des Systems. Durch die Verwendung dieses in der logischen Entwurfsstruktur als eigenständige Strukturkomponente getrennt von der skalierbaren Recheneinheit und der Fahrzeug-Schnittstelleneinheit realisierten Kommunikations-Coprozessors kann die CPU der Recheneinheit von schnittstellenbezogenen Operationen entlastet werden, was insbesondere bei Vorhandensein einer Vielzahl derartiger Systemschnittstellen von großem Vorteil ist. Denn damit wird die Belastung der CPU durch Interrupts und Rechenoperationen deutlich gesenkt. Es brauchen nur noch von der CPU benötigte Frames an diese weitergeleitet werden, und es müssen nur noch komplexe Operationen an Frames durch die CPU erledigt werden. Der Begriff Frame bezeichnet dabei vorliegend den Nachrichten-Rahmen auf dem jeweiligen Datenübertragungssystem.

Bei einer nach Anspruch 3 weitergebildeten Prozessoreinheit beinhaltet der Kommunikations-Koprozessor in seiner funktionalen Struktur als eine Strukturkomponente einen Bandbreitenadapter, mit dem eingehende Nachrichten mit einer von der Empfangsfrequenz verschiedenen Sendefrequenz weitergeleitet werden können. So können z. B. Nachrichten mit gegenüber der Empfangsfrequenz kleinerer Sendefrequenz an die CPU weitergeleitet werden, um diese signifikant von Interrupts zu entlasten. Bei Bedarf können Nachrichten auch mit gegenüber der Empfangsfrequenz höherer Sendefrequenz an eine an den Bandbreitenadapter angeschlossene Komponente weitergeleitet werden, um für diese ihre gewohnte Nachrichtenfrequenz bereitstellen zu können und daher keine weiteren Anpassungsmaßnahmen vornehmen zu müssen. Vorteilhaft ist dabei eine Hardware-Realisierung des Bandbreitenadapters im Kommunikations-Coprozessor, da dies für den Einsatz im Echtzeit-Steuersystem eines Kraftfahrzeuges besonders geeignet ist und eine weitere Entlastung der CPU der skalierbaren Recheneinheit ermöglicht.

Bei einer nach Anspruch 5 weitergebildeten Prozessoreinheit beinhaltet der Kommunikations-Koprozessor in seiner funktionalen Struktur als eine Strukturkomponente einen in Hardware ausgeführten Gateway-Prozessor. Die Hardware-Realisierung des Gateway-Prozessors bewirkt eine weitere Entlastung der CPU der Recheneinheit von derartigen Gateway-Funktionen und ist für den Einsatz in Echtzeit-Steuersystem eines Kraftfahrzeuges besonders geeignet.

Vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und werden nachfolgend beschrieben. Hierbei zeigen:

**Fig. 1** ein Blockdiagramm der funktionalen Struktur einer in einem datenverarbeitungsgestützten elektronischen Steuersystem eines Kraftfahrzeuges verwendbaren Prozessoreinheit,

**Fig. 2** ein Blockdiagramm entsprechend **Fig. 1**, jedoch mit einer modifizierten Chip-Implementierung der gezeigten Funktionen,

**Fig. 3** ein Blockdiagramm des Schichtenmodells für die Prozessoreinheit der **Fig. 1** und **2**,

**Fig. 4** ein Blockdiagramm mehrerer, miteinander vernetz-

ter Steuergeräte in einem herkömmlichen Steuerungssystem eines Kraftfahrzeuges,

**Fig. 5** eine Darstellung entsprechend **Fig. 4**, jedoch für ein die Prozessoreinheit der **Fig. 1** oder **2** als ein Steuergerät verwendendes Steuerungssystem eines Kraftfahrzeuges,

**Fig. 6** ein Blockdiagramm der funktionalen Struktur eines in der Prozessoreinheit der **Fig. 1** und **2** enthaltenen Kommunikations-Coprozessors,

**Fig. 7** eine Blockdiagrammdarstellung eines im Kommunikations-Coprozessor von **Fig. 6** enthaltenen Bandbreitenadapters zur Erläuterung von dessen Funktion,

**Fig. 8** ein Blockdiagramm eines im Kommunikations-Coprozessor von **Fig. 6** enthaltenen Gateway-Prozessors zur Veranschaulichung von dessen Funktion,

**Fig. 9** ein Blockdiagramm der funktionalen Struktur einer Basisimplementierung eines in der Prozessoreinheit der **Fig. 1** und **2** enthaltenen Kommunikations-Coprozessors und

**Fig. 10** ein Blockdiagramm der funktionalen Struktur einer erweiterten Implementierung des Kommunikations-Coprozessors von **Fig. 6**.

Die **Fig. 1** und **2** zeigen eine erfindungsgemäße Prozessoreinheit für ein datenverarbeitungsgestütztes elektronisches Steuerungssystem in einem Kraftfahrzeug, nachfolgend als Standard-Fahrzeug-Prozessoreinheit oder abgekürzt SFP bezeichnet, in ihrer funktionalen Struktur in zwei verschiedenen Chipimplementierungen. Wie daraus zu erkennen, setzt sich die Architektur der SFP auf dieser logischen Ebene aus drei separaten Einheiten zusammen, und zwar einer skalierbaren Recheneinheit **1**, nachfolgend mit SPU abgekürzt, einer Fahrzeug- oder Automobil-Schnittstelleneinheit **2**, nachfolgend mit AIU abgekürzt, und einem Kommunikations-Coprozessor oder Embedded-Frame-Streamer **3**, nachfolgend mit EFS abgekürzt. Die so strukturierte SFP läßt sich innerhalb eines Fahrzeug-Steuerungssystems als übergeordneter Rechner für daten- bzw. rechenintensive Teile von Steuerungsfunktionen und für die Koordination dezentraler Regelungsfunktionen und übergeordneter Funktionen einsetzen. Sie erfüllt dabei die Kriterien hinsichtlich Baureihenunabhängigkeit, Skalierbarkeit und Wiederverwendbarkeit. Aufgrund der in der SFP vorliegenden Konzentration von Systemressourcen ist Software mit kritischen Anforderungen in Bezug auf Speicherverbrauch oder Leistungsfähigkeit in dieser als übergeordnetes Steuergerät fungierenden Prozessoreinheit am zweckmäßigsten untergebracht. Speziell eignet sich in Verbindung mit dem Einsatz von nach Client/Server-Architektur-Kriterien erstellter Software die SFP als zentraler Rechenknoten und erfüllt die entsprechenden Anforderungen der Client/Server-Architektur. Die SFP eignet sich insbesondere als übergeordnetes Steuergerät in einem datenverarbeitungsgestützten elektronischen Steuerungssystem, wie es in der deutschen Patentanmeldung zur Akte Daim 27 934/4 der Anmelder beschrieben ist.

In **Fig. 3** ist das Schichtenmodell für das SFP dargestellt. Die untere Schicht **S1** beinhaltet die verschiedenen fahrzeuganwendungsbezogenen vorhandenen Schnittstellen, wie sie von herkömmlichen Systemen bekannt sind. Darüber liegen sukzessive eine Schicht **S2**, welche die skalierbare Prozessorarchitektur für die CPU **4** der skalierbaren Recheneinheit **1** enthält, z. B. eine Power-PC-Architektur, eine Schicht **S3** mit den benötigten Treibern, eine Schicht **S4** für Betriebssystem-, Kommunikations- und Netzmanagement-Funktionen, z. B. ein sogenanntes OSEK-Betriebssystem, und eine Schicht **S5** mit den Client/Server-Basismechanismen und den Fahrzeuganwendungen sowie weiteren Funktionalitäten, wie einen im Kommunikations-Coprozessor **3** enthaltenen Gateway-Prozessor **5**, Systemdiagnosefunktionen etc.

Die solchermaßen auf einer skalierbaren Architektur, wie

einer Power-PC-Architektur basierende SFP läßt sich vorteilhaft für übergeordnete Aufgaben innerhalb eines datenverarbeitungsgestützten elektronischen Steuerungssystems eines Fahrzeugs ohne Anschluß jeglicher Peripherie für beliebige Fahrzeugbaureihen einsetzen und dient vorzugsweise zur Erfüllung übergeordneter Aufgaben innerhalb eines solchen Fahrzeugnetzwerkes, bei dem der datenverarbeitungsbezogene Systemteil als Embedded-System im Gesamtsystem der Fahrzeugelektronik implementiert ist, ohne für den Anwender direkt in Erscheinung zu treten, wobei für diesen Anwendungsfall die Echtzeitanforderung und eine statische Software-Konfiguration typisch sind. Die von der SFP vorzugsweise übernommenen Aufgaben betreffen die übergeordnete Steuerung anderer Geräte, z. B. als Netzmaster, sowie Kommunikationsaufgaben. Dazu bietet die SFP Zugang zu allen vorhandenen Fahrzeugnetzwerken, und sie führt auch die Zugangssicherung, sogenannte Firewall, durch, da über eine entsprechende Diagnose- und Telematikbindung Zugriffe von außen auf die Fahrzeugnetzwerke möglich sind. Außerdem nimmt die SFP als übergeordneter Rechner datenintensive und rechenintensive Aufgaben wahr, sofern diese in Form einer Koordinationsfunktion vorliegen und damit nicht ortsgebunden sind. Die SFP stellt damit für drei Aspekte eine flexible Integrationsplattform für übergeordnete Aufgaben dar und zwar unter einem Hardware-Aspekt eine wiederverwendbare, in Leistung und Funktionalität skalierbare Rechnerplattform, unter einem Software-Aspekt eine auf Fahrzeuggegebenheiten angepaßte Client/Server-Architektur und unter einem Netzwerkstruktur-Aspekt eine übergeordnete Netzwerksteuerung, wobei im Fahrzeuginnenraum die SFP in einer Cockpitrechner-Ausprägung vorliegen kann. Diese Implementierung der SFP ist in der Lage, die Anforderungen hinsichtlich stark steigender Softwareumfänge und eines permanent wachsenden Kommunikationsbedarfs zu erfüllen.

In den Fig. 4 und 5 sind vergleichend typische Fahrzeugnetzwerkstrukturen ausschnittsweise anhand von jeweils drei an ein Bussystem angeschlossenen Steuergeräten mit bzw. ohne Verwendung der SFP dargestellt. Fig. 4 zeigt ein herkömmliches System ohne SFP, bei der die verschiedenen Steuergeräte G1, G2, G3 eine äquivalente funktionale Struktur besitzen, wie gezeigt. Bei dieser herkömmlichen Struktur werden häufig mehrfache Busanbindungen der Steuergeräte G1, G2, G3 zu den unterschiedlichen Fahrzeugnetzwerken benötigt, wobei in Fig. 4 beispielhaft ein Innenraum-Bus, ein Motor-Bus und ein Kommunikations-Informationen(KIN)-Bus dargestellt sind. Dies bedeutet im Hinblick auf eine leichte Umsetzbarkeit von Frameinhalten von einer Systemschnittstelle auf eine andere eine große Einschränkung der Flexibilität und verursacht hohe Buslasten sowie Laufzeitverzögerungen. So muß im System von Fig. 4 eine Botschaft, die vom Motor-Bus auf den KIN-Bus umgesetzt werden soll, über den Innenraum-Bus geleitet werden, da auf die beiden erstgenannten Busse nur jeweils eines der drei Steuergeräte G1, G2, G3 Zugriff hat. Eine weitere Eigenschaft dieser herkömmlichen Netzwerkstruktur ist das Vorhandensein übergeordneter Funktionen und der Anwendungslogik in nahezu jedem Steuergerät, so daß jedem Steuergerät G1, G2, G3 gegenüber einer zentralen Verwaltung derartige Aufgaben mehr Ressourcen als notwendig zugeteilt werden müssen.

Fig. 5 zeigt im Vergleich eine gegenüber der Fig. 4 durch Verwendung der SFP als eines G4 der Steuergeräte G4, G5, G6 modifizierte Netzwerkstruktur. In der SFP werden die notwendigen Ressourcen zur Bearbeitung aller dort konzentrierten übergeordneten Aufgaben und der unkritischen Anwendungslogik, d. h. derjenigen Funktionen, die ausschließlich Steuerungscharakter haben und keine zeitkritischen

Vorgänge bearbeiten, bereitgestellt. Funktionen mit speziellem Regelungscharakter werden als kritische Anwendungslogik behandelt, die in verteilten Systemen, d. h. Systemen mit einem Verbund aus verteilt angeordneten Steuergeräten, weiterhin vor Ort im jeweiligen Steuergerät bearbeitet werden. Die übrigen Steuergeräte G5, G6 können daher, wie gezeigt, signifikant vereinfacht ausgelegt werden. Durch die aus Fig. 5 ersichtliche Konzentration der übergeordneten Systemfunktionen, der unkritischen Anwendungslogik und der Systemschnittstellen auf der SFP lassen sich in sehr vorteilhafter Weise Mehrwertfunktionen realisieren, die in herkömmlichen verteilten Systemen nur mit erhöhtem Aufwand und zusätzlichem Busverkehr realisierbar wären.

Die SFP dient somit in Fahrzeug-Steuerungssystemen zur Erfüllung übergeordneter bzw. verteilter Anwendungen, die aufgrund ihrer Funktionalität ursprünglich keinem Steuergerät zugeordnet sind, sowie zur Aufnahme der ortsungebundenen Funktionsalgorithmik. Die Zuordnung dieser Funktionen zur SFP bewirkt, daß Veränderungen an der Algorithmik innerhalb von Funktionen und im Zusammenspiel der Funktionen untereinander vielfach durch Modifikationen innerhalb der SFP-Software darstellbar sind, ohne die Software der bestehenden, herkömmlichen Steuergeräte verändern zu müssen.

Für die Steuerung diverser Funktionen sind Funktionsblöcke hinsichtlich ortsgebundener Sensorik, ortsgebundener Aktuatorik und ortsungebundener Algorithmik meist in Form koordinierender Funktionen mit rechen- oder datenintensivem Charakter notwendig. Im Bereich der Regelungen wird die SFP dazu benutzt, die Koordination mehrerer lokaler, in verteilten Steuergeräten laufender Regelungen durchzuführen.

Bezüglich übergeordneter Funktionen ist es hinsichtlich der Organisation der Anwendungs-Software zweckmäßig, alle Fahrzeugdaten und Konfigurationsinformationen in einem Flash-Speicher der SFP unterzubringen. Dadurch kann nahezu die gesamte Bandende-Programmierung eines Fahrzeugs in einem einzelnen Gerät vorgenommen werden. Wird die SFP frühzeitig, d. h. vor den übrigen Steuergeräten, im Produktionsablauf eingebaut, sind damit auch selbständige Onboard-Prüfungen und Systemtests während der Produktion möglich. Die SFP kann hierfür zunächst mit reiner Produktions-Software ausgestattet werden, die am Bandende durch die eigentliche Fahrzeug-Software ersetzt wird. Beispiele wichtiger, von der SFP wahrnehmbarer, übergeordneter Funktionen sind Bordnetzmanagement, Telematik, Fahrzeugdatenspeicher, Bussteuerungen und Diagnose. Letztere besitzt auch einen Aspekt von verteilter Funktionalität, zu welcher auch als weitere wichtige Funktionen die Schließfunktion, die Fahrlichtfunktion und die Blinkerfunktion gehören. Mehrwertfunktionen ergeben sich durch Kombination von Grundfunktionen oder anderen bereits kombinierten Funktionen, wobei keine neue Peripherie, d. h. Aktuatorik und Sensorik, benötigt wird. Diese Mehrwertfunktionen übernehmen meist die Koordination bereits bestehender Funktionen. Beispiele solcher Mehrwertfunktionen sind die Blinkerrückmeldung bei Zentralverriegelung als Kombination von Schließfunktion und Blinker sowie die Komfortschließfunktion, welche Schließfunktion und Fensterheber-/Schiebedachbetätigung kombiniert.

Die Konzentration der Systemschnittstellen auf der SFP begrenzt die Auswirkungen diesbezüglicher Modifikationen auf dieses eine Steuergerät. Außerdem vereinfachen sich durch die Installation des zentralen Gateways 5 alle diejenigen übergeordneten Funktionen, die Zugriff auf mehrere Systemschnittstellen benötigen. Der Kommunikations-Coprocessor 3 verhindert eine Zunahme der Belastung der CPU 4 aufgrund einer solchen Zusammenfassung der Schnittstellen.

len. Die Konzentration der Datenverarbeitungsressourcen in der SFP ist aus ökonomischer Sicht vorteilhafter als eine schrittweise Aufrüstung jedes einzelnen Steuergerätes. Außerdem verringert auch diese Maßnahme die Rückwirkungen von veränderten Anforderungen auf die übrigen Steuergeräte.

Da weitere Systemschnittstellen stets mit zusätzlichen übergeordneten Funktionen verbunden sind, die wiederum weitere Datenverarbeitungsressourcen benötigen, ist die Konzentration der Systemschnittstellen und der Datenverarbeitungsressourcen im SFP von großem Vorteil. Dies insbesondere dadurch, daß die SFP, wie in den Fig. 1 und 2 gezeigt, auf logischer Ebene durch separat austauschbare, aber miteinander verbundene Module in Form der SPU 1, der AIU 2 und der EFS 3 aufgebaut ist und dadurch ein in jeder Hinsicht skalierbares Gerät darstellt. Die SPU stellt das Modul für die Datenverarbeitungsressourcen mit der CPU 4 und zugehörigen Speichern 6 dar, auf der AIU befinden sich alle Systemschnittstellen, und der EFS 3 entlastet die CPU 4 von den meisten Kommunikationsaufgaben. Zwischen den einzelnen Modulen 1, 2, 3 sind logische Schnittstellen definiert. Die physikalische Ausprägung kann z. B. Steckverbinder zwischen den logischen Modulen 1, 2, 3 oder zusammengesteckte Platinen vorsehen. So ist in Fig. 1 ein Beispiel veranschaulicht, bei welchem die Komponenten innerhalb des gestrichelten Rahmens 7 auf einem Chip realisiert sind, während die übrigen Komponenten an anderer Stelle derselben Platine oder auf einer anderen Platine angeordnet sind. Fig. 2 zeigt eine dazu alternative Ausprägung, bei der die innerhalb eines ersten gestrichelten Rahmens 8 befindlichen Komponenten in einem ersten IC und die innerhalb eines zweiten gestrichelten Rahmens 9 befindlichen Komponenten auf einem zweiten IC implementiert sind.

Um stets die Kompatibilität der Hardware zu bestehender Software zu gewährleisten, ist es wichtig, immer auf dieselbe Prozessorarchitektur zurückzugreifen. Hierfür bietet sich insbesondere die Power-PC-Architektur an, für die Prozessoren und Mikrocontroller z. B. von der Fa. IBM angeboten werden. Eine derartige Steuergerätestruktur ermöglicht bei gleichbleibendem Grundkonzept eine flexible und schnelle Reaktion auf neue Fahrzeugelektronikanforderungen. Außerdem ist es möglich, schon fertige Softwaremodule auf ein neues Mitglied der SFP-Familie zu übernehmen, da innerhalb dieser Familie die Binärkompatibilität und Floatingpoint-Kompatibilität gewährleistet ist. Daher ist Skalierbarkeit hinsichtlich CPU-basierter Rechenleistung, Speicherkonfigurationen nach Art und Umfang, zusätzlicher Systemschnittstellen, eines EFS in unterschiedlichen Ausbaustufen und Floatingpoint- sowie Binärkompatibilität gegeben.

Da bezüglich Sensorik und Aktuatorik nur ein vergleichsweise schwaches Wachstum in der Zukunft angenommen wird, besteht eine zweckmäßige Grundüberlegung darin, außer den Systemschnittstellen keinerlei Peripherie durch die SFP anzusteuern. Bei Aufteilung der Fahrzeugfunktionalität in Peripherie-Management auf konventionellen Steuergeräten und Anwendungsalgorithmen auf der SFP können dann häufig rekombinierte und übergeordnete Funktionen, die keine zusätzliche Peripherie benötigen, in ausschließlich die SFP betreffender Software realisiert werden. Bestehende Steuergeräte können dadurch länger im Einsatz bleiben, was den Entwicklungsprozeß vereinfacht und Entwicklungskosten einspart.

Die Berücksichtigung dieser Ansätze in der SFP macht diese unabhängig von der jeweiligen Baureihe und durch ihre Skalierbarkeit funktional an die jeweiligen Gegebenheiten anpaßbar. Bezüglich der drei Module der SFP wird für die SPU ein Vorrat an Varianten mit unterschiedlicher Re-

chenleistung und/oder Speicherumfängen bereitgestellt, die wahlweise mit der AIU und dem EFS kombiniert werden können. Die AIU-Varianten berücksichtigen unterschiedliche, derzeit festgelegte Schnittstellen. In jeder Baureihe vorhandene Schnittstellen sind feste Bestandteile der AIU, die übrigen Schnittstellen sind Bestückungsoptionen oder Bestandteil anderer AIU-Varianten. Für eine jeweilige Baureihe wird nun jeweils diejenige SPU mit den knappsten Ressourcen ausgewählt, die funktional gerade noch ausreicht. Außerdem wird eine AIU gewählt, die gerade die benötigten Schnittstellen beinhaltet. Die Wiederverwendbarkeit über verschiedene Baureihen hinweg hat zudem den Vorteil der Herstellbarkeit in größeren Stückzahlen.

Im folgenden wird näher auf die einzelnen Module der SFP eingegangen. Die SPU als eines der drei Module der SFP beinhaltet im wesentlichen die Teile, die weder von einer Fahrzeugbaureihe, noch von einem Typ innerhalb einer Fahrzeugbaureihe bestimmt sind. Dazu gehören, wie in den Fig. 1 und 2 dargestellt, insbesondere die in ihrer Leistungsfähigkeit skalierbare CPU 4 und die verschiedenen Speicher 6, die hinsichtlich Speicherkapazität und Typ, wie RAM, Flash, EEPROM und dergleichen, variieren können. Zur Darstellung einer ganzen SFP-Familie stammen die CPUs 4 für die SPU 1 aus einer gemeinsamen Prozessorfamilie, was die für die Softwarewiederverwendbarkeit notwendige Binärkompatibilität schafft.

Die AIU 2 als zweite logische Einheit aus dem Entwurf der SFP unterteilt sich ihrerseits in drei logisch funktionale Abschnitte, und zwar einen Abschnitt 11 mit SFP-spezifischen Baugruppen, einen Abschnitt 12 mit automobilspezifischen Schnittstellen und einen Abschnitt 13 mit baureihen-/typspezifischen Schnittstellen. SFP-spezifische Baugruppen sind die allgemein für ein Steuergerät wichtigen Teile, wie ein- oder mehrfache Spannungsversorgung mit Spannungsüberwachung, Watchdog, Steckverbinder usw. Diese Teile sind nicht baureihen-/typspezifisch und müssen nur auf die jeweiligen Anforderungen des SFP ausgelegt werden. Die automobilspezifischen Schnittstellen sind die standardmäßig in allen Baureihen vorkommenden Schnittstellen, wie z. B. I-CAN, M-CAN oder eine serielle Schnittstelle. Auch diese Teile sind nicht baureihen-/typspezifisch und werden auf der AIU standardmäßig vorgesehen. Die als Bestückungsoption wahlweise vorgesehenen baureihen-/typspezifischen Schnittstellen sind diejenigen, die zusätzlich zum Basisumfang je nach Ausstattung eines Fahrzeugs eingesetzt werden. Darunter fallen Anschlüsse für einen KIN-Bus, zusätzliche CAN-Schnittstellen für Diagnose- und Telematik-Anbindung und gegebenenfalls weitere serielle Schnittstellen.

Der des weiteren vorgesehene EFS 3 ermöglicht die Herstellung von Verbindungen zwischen allen Systemschnittstellen, ohne damit die CPU 4 stark zu belasten. Fig. 6 zeigt die Architektur des EFS 3. In einer Bridge&Router-Einheit 14 erfolgt die Umsetzung einzelner Frames von einem Layer 2-Interface direkt auf ein weiteres Layer 2-Interface gleicher Art. Die Bearbeitung benötigt keine CPU-Ressourcen, und Frames werden dabei nicht verändert. Im vorliegenden Modell können mehrere Bridges 14 mit unterschiedlichen Layer 2-Interfaces und unterschiedlichen Protokollen implementiert werden. Es ist aber auch möglich, für eine bestimmte Sorte von Layer 2-Interfaces keine Bridge-Funktion zu implementieren, wenn diese Schnittstelle singulär ist. Im vorliegenden, zyklischen und ereignisgesteuerten System trägt die Bridge&Router-Einheit 14 sehr stark zur Entlastung der CPU bei.

In einem virtuellen Null-Device 15 werden im Modell alle ausgefilterten Frames abgelegt. Real sind diese Frames verworfen bzw. nicht bearbeitet worden. Auch hier benötigt

die Bearbeitung keine CPU-Ressourcen, und Frames werden nicht verändert.

Des weiteren beinhaltet der EFS einen Bandbreitenadapter 16, in welchem Frames nach zeitlichen oder quantitativen Aspekten bewertet werden. Dies ist in Fig. 7 näher dargestellt. Der Bandbreitenadapter 16 kann Nachrichten  $N_a$  mit einer Frequenz  $f_a$  empfangen und diese Nachrichten  $N_a$  mit einer davon verschiedenen Frequenz  $f_x$  weiterleiten. So können z. B. Nachrichten an die CPU 4 mit einer Sendefrequenz  $f_a$  kleiner als die Empfangsfrequenz  $f_x$  gesendet werden, was die CPU 4 entsprechend stark von Interrupts entlastet, gerade auch in zyklischen Systemen. Für eine solche weitgehende Entlastung der CPU 4 ist der Bandbreitenadapter 16 in Hardware im EFS implementiert. Frames werden dabei nicht verändert. Der Bandbreitenadapter 16 kann bei Bedarf auch mit einer Sendefrequenz  $f_a$  größer als die Empfangsfrequenz  $f_x$  Nachrichten weiterleiten, damit diese z. B. an die gewohnte Frequenz einer nachgeschalteten Komponente angepaßt ist, so daß diese keiner Modifikation auf eine andere Frequenz bedarf.

Der Gateway-Prozessor 5 des EFS vom Extended-Typ kann Frames verändern, neue Frames aus einem oder mehreren eingangenen Frames zusammensetzen und auch nur Teile von Frames weiterleiten. Dies ist näher in Fig. 8 dargestellt. Dort empfängt der Gateway-Prozessor 5 verschiedene Nachrichten  $N_a, N_b, N_x$  mit jeweils zugehörigen Frequenzen  $f_a, f_b, f_x$  und generiert daraus eine Nachricht  $N_c$  mit der Frequenz  $f_c$ , die von den eingehenden Nachrichten  $N_a, N_b, N_x$  bzw. den zugehörigen Empfangsfrequenzen  $f_a, f_b, f_x$  verschieden sein können. Die Bearbeitung benötigt keine CPU-Ressourcen. Auch hier ist es bevorzugt, den Gateway-Prozessor 5 wie gezeigt in Hardware im EFS zu implementieren. Da die Konfiguration des Gateway-Prozessors 5 statisch erfolgt, ergibt sich eine Beschränkung bezüglich der Durchführung komplexerer oder von unterschiedlichen Umständen abhängiger Frame-Operationen. In zyklischen und ereignisgesteuerten Systemen trägt der Gateway-Prozessor 5 sehr stark zur Entlastung der CPU 4 bei. Alternativ kann der Gateway-Prozessor in Software und damit zur CPU 4 gehörig implementiert sein.

Eine Basisimplementierung des automobilspezifischen EFS ist in Fig. 9 dargestellt, wobei alle in dieser Implementierung vorkommenden Datenströme berücksichtigt sind und die an den Datenstrompfeilen angegebenen Zahlen die Anzahl möglicher Kanäle angeben. Dieses Basismodell umfaßt die in Fig. 6 gezeigten Einheiten einschließlich dem jeweils zugehörigen Kanal.

Fig. 10 zeigt eine erweiterte Implementierung des EFS, bei der über die Basisanforderungen gemäß Fig. 9 hinaus auch der Einsatz von weiteren Systemschnittstellen, wie z. B. der Anschluß eines D<sup>2</sup>B-Optical und einer einfachen seriellen Schnittstelle berücksichtigt ist. In Fig. 10 sind die zugehörigen Datenströme und die Anzahl ihrer Kanäle angegeben. Diese erweiterte Implementierung umfaßt ebenfalls alle in Fig. 6 wiedergegebenen Komponenten, jedoch ist im Unterschied zu den mehrfach vorkommenden CAN-Schnittstellen bei den einfach vorkommenden Schnittstellen, wie D<sup>2</sup>B und serielle Schnittstelle, keine Bridge-Funktion vorgesehen. Durch die Punkt-zu-Punkt-Verbindung bei der seriellen Leitung kann hier auch auf den Einsatz des Null-Devices 15 und des Bandbreitenadapters 16 verzichtet werden.

Die vorstehende Beschreibung eines vorteilhaften Ausführungsbeispiels zeigt, daß sich die erfindungsgemäße Prozessoreinheit zur Generierung einer offenen und skalierbaren Familie solcher Standard-Fahrzeug-Prozessoreinheiten eignet, von denen jeweils die in ihrer Leistungsfähigkeit und ihren Funktionalitäten am besten an das jeweils im Fahrzeug

vorhandene elektronische Steuerungssystem angepaßte Prozessoreinheit als übergeordnetes Steuergerät in einem solchen Steuerungssystem eingesetzt werden kann, so daß einerseits alle an das System gestellten Anforderungen optimal erfüllt werden und andererseits die übrigen Steuergeräte vergleichsweise einfach und im wesentlichen in herkömmlicher Weise ausgelegt sein können.

#### Patentansprüche

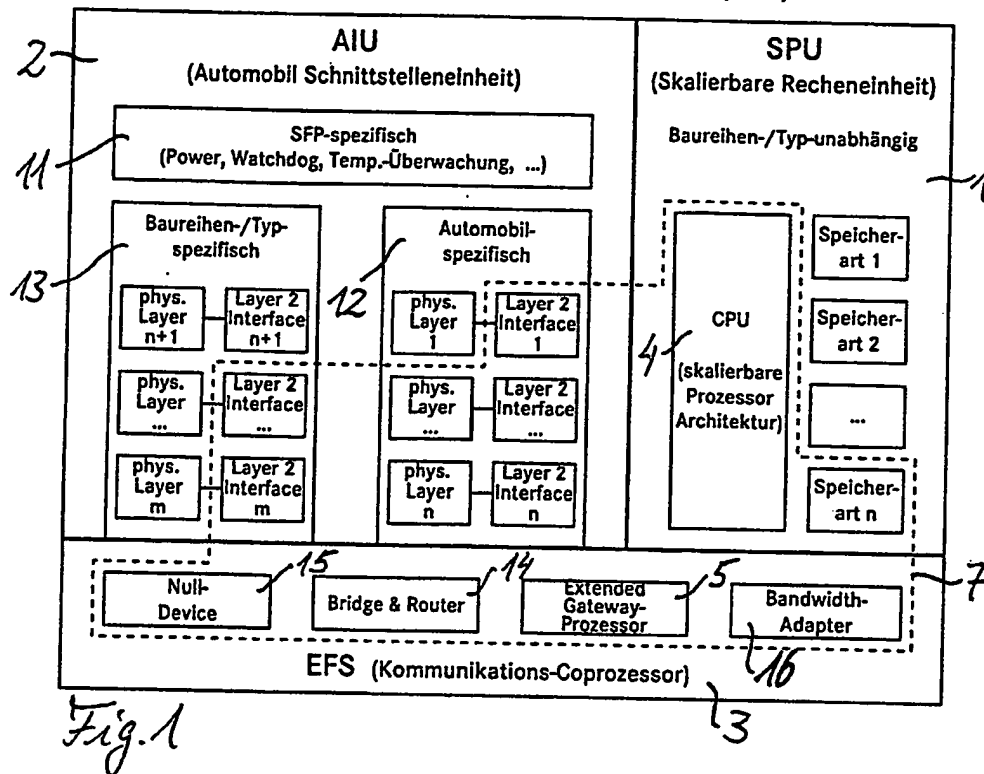
1. Prozessoreinheit für ein datenverarbeitungsgestütztes elektronisches Steuerungssystem in einem Kraftfahrzeug, **dadurch gekennzeichnet**, daß sie in ihrer funktionalen Struktur eine skalierbare Recheneinheit (1) und eine Fahrzeug-Schnittstelleneinheit (2) als separate Strukturkomponenten beinhaltet.
2. Prozessoreinheit nach Anspruch 1, weiter dadurch gekennzeichnet, daß sie in ihrer funktionalen Struktur einen Kommunikations-Coprozessor (3) als dritte separate Strukturkomponente zur Ausführung von Datenkommunikationsvorgängen zwischen der skalierten Recheneinheit (1) und zugehöriger Peripherie beinhaltet.
3. Prozessoreinheit nach Anspruch 2, weiter dadurch gekennzeichnet, daß der Kommunikations-Coprozessor (3) in seiner funktionalen Struktur als eine Strukturkomponente einen Bandbreitenadapter (10) beinhaltet, mit dem eingehende Nachrichten ( $N_a$ ) mit einer von der Empfangssequenz ( $f_a$ ) verschiedenen Sendefrequenz ( $f_x$ ) weiterleitbar sind.
4. Prozessoreinheit nach Anspruch 2 oder 3, weiter dadurch gekennzeichnet, daß der Kommunikations-Coprozessor (3) in seiner funktionalen Struktur als eine Strukturkomponente einen in Hardware ausgeführten Gateway-Prozessor (5) beinhaltet.

---

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

---

# Standard Fahrzeug Prozessoreinheit (SFP)



# Standard Fahrzeug Prozessoreinheit (SFP)

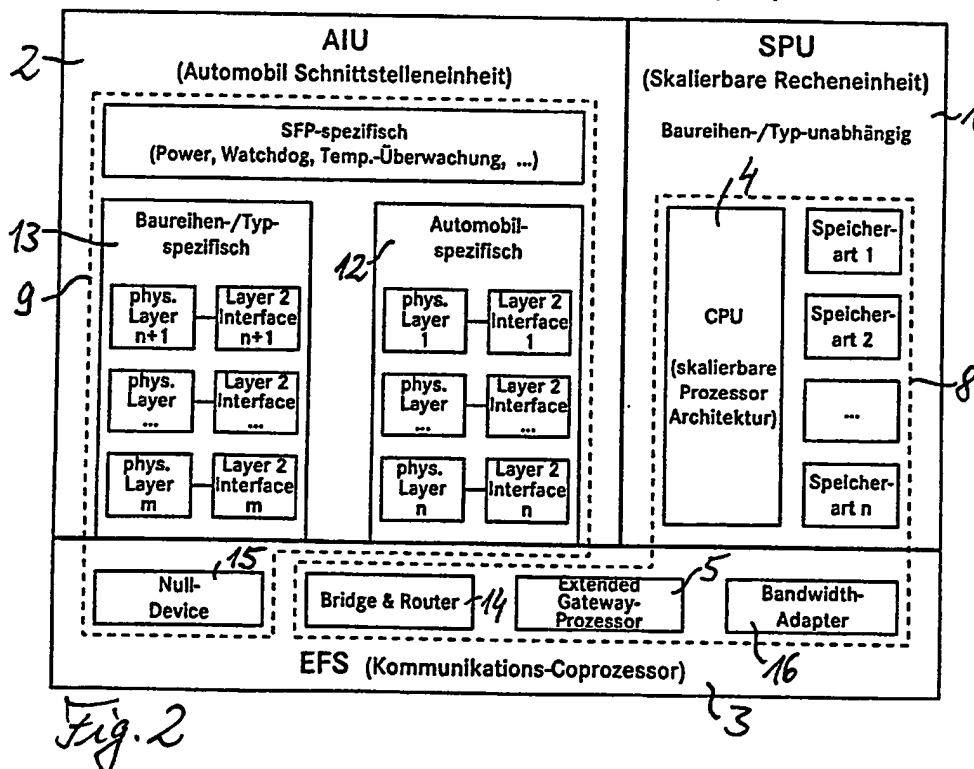




Fig. 3

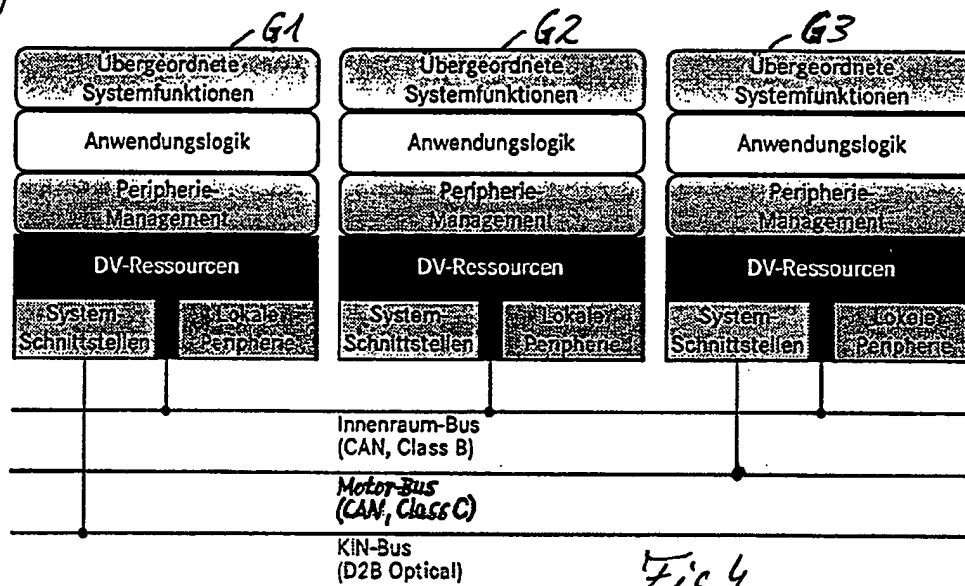


Fig. 4

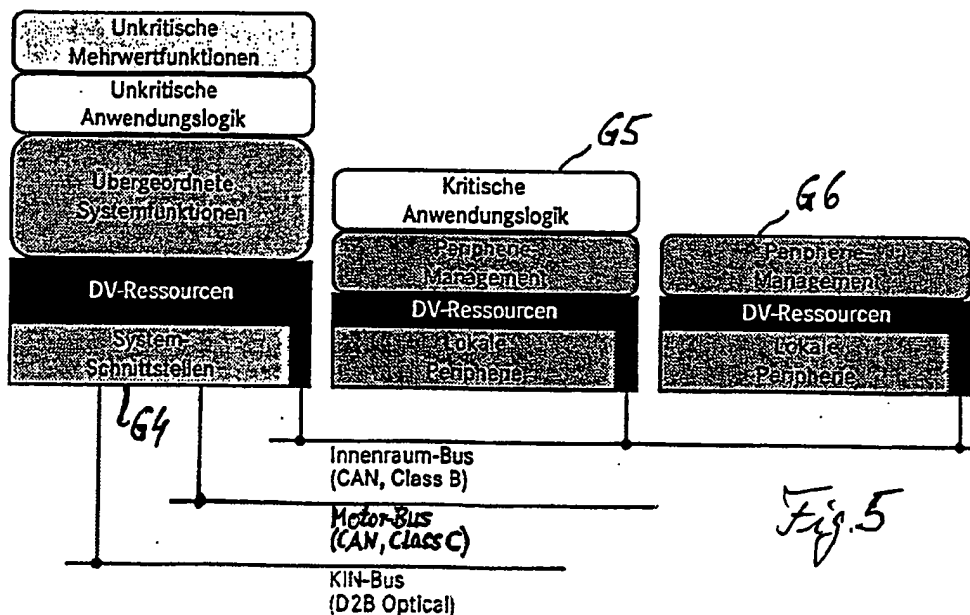


Fig. 5



